



## Sur la Métrologie à Bukavu : Mesure de masse et de volume

Charles Kabungulu Mukamba, Masudi Kalongama Jean, Lumonge Zabagunda Désiré

► **To cite this version:**

Charles Kabungulu Mukamba, Masudi Kalongama Jean, Lumonge Zabagunda Désiré. Sur la Métrologie à Bukavu : Mesure de masse et de volume. 2014. <hal-00995645>

**HAL Id: hal-00995645**

**<https://hal-auf.archives-ouvertes.fr/hal-00995645>**

Submitted on 27 May 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Sur la Métrologie à Bukavu *Mesure de masse et de volume*

8 mai 2014

Kabungulu Mukama Charles Masudi Kalongama Jean Lumonge Zabagunda Désiré

*Laboratoires UERDP/ISP Bukavu  
CRDS/ISP Kalima  
(mukabungulu,kalongamam,desirelumonge)@yahoo.fr*

## **Résumé**

*Nous présentons les résultats d'une vérification métrologique faite à Bukavu sur les mesures de masse et de volume. Nous avons analysé les processus des mesures de masse et de volume sur quatre sites de la ville de Bukavu, et nous avons constaté que les résultats des mesures effectuées étaient non fiables : ils diffèrent d'un produit à l'autre quel que soit le site, et (que) les instruments utilisés sont dans la plupart des inventions locales non cohérentes.*

**Mots-clés :** *Enseignement de la Physique, Elèves, Métrologie, Masse, Volume.*

## **Abstract**

*We are presentig here the findings of a metrological verification carried out on mass and volume measures in Bukavu. We analysed the measure processes of the abovementioned unites on four Bukavu sites, and we realized that the measures taken were unreliable : they vary from one product to another regardless of the site moreover, the tools used were, in most cases, local inventions.*

**Keywords :** *Teaching of physics, Students, Metrology, Mass, Volume.*

## **1 Statut du problème**

Les activités de mesure remontent aux plus anciennes civilisations ; la connaissance de leurs aspects théoriques et pratiques requiert aujourd'hui l'attention d'une branche spécialisée de la physique dénommée **métrologie**.

La métrologie ou Science des mesures, a évolué au cours des siècles, et est aujourd'hui divisée entre la métrologie scientifique et la métrologie légale. Alors que la métrologie scientifique est fondamentale pour tous ceux qui participent aux différentes chaînes de mesure,

d'étalonnage et d'accréditation, la métrologie légale concerne principalement les mesures qui touchent directement les consommateurs (Bureau International de Poids et Mesure, 2004).

La métrologie s'intéresse à tous les éléments qui entrent en jeu dans la mesure : caractéristiques de l'objet à mesurer lui-même, instrument et méthode utilisés, influence de l'environnement, représentation de l'unité, rattachement à la réalisation de l'unité au niveau de précision le plus élevé (chaîne d'étalonnage) et définition des unités à l'intérieur d'un système cohérent, universel et permanent.

Elle s'attache particulièrement à analyser les causes d'erreur pour les éviter par des méthodes convenables ou en tenir compte en appliquant des corrections appropriées.

Elle étudie les erreurs résiduelles, essentiellement inconnues dans chaque cas particulier, mais sur lesquelles on peut obtenir des informations d'ordre statistique. Cela conduit à estimer la probabilité pour que l'incertitude finale soit comprise dans telles ou telles limites.

Dès lors que les sociétés ont commencé le commerce, le champ de la métrologie s'est étendu, les mesures de temps et les mesures astronomiques ont été indispensables, les mesures de masse et de volume, par ailleurs, se sont trouvées confrontées à des références diverses et des unités de mesure diverses d'un pays à l'autre.

En République Démocratique du Congo, plus particulièrement en province du Sud-Kivu, ville de Bukavu, les références pour les mesures de masse et de volume posent encore problème. Cela se constate dans les actes d'achat quotidiens que pose la population ; quelquefois elle considère ces deux dimensions (masse et volume) comme équivalentes ; en effet, le peson a carrément remplacé la balance, les masses sont plusieurs fois mesurées par le remplissage des vases . . . les résultats de telles mesures ne seraient pas fiables.

Selon le Bureau International de Poids et Mesure, toutes les mesures physiques et chimiques affectent la qualité de la vie dans notre environnement quotidien. Des mesures erronées ou inexactes peuvent entraîner de mauvaises décisions, et peuvent avoir des conséquences sérieuses sur le plan financier ou de la santé humaine.

Les conséquences financières ou humaines de mauvaises décisions fondées sur de mauvaises mesures dans des domaines aussi importants que l'environnement (. . .) sont presque incalculables.

A Bukavu, dans la pratique, la mesure ne semble pas faire l'objet d'un processus scientifique et ne tiens pas compte des conséquences liées aux mauvaises décisions. La notion de la métrologie comme science est complètement absente dans l'esprit des vendeurs et des autorités locales à Bukavu. Aux écoles, on parle de mesure des grandeurs physiques et ses enseignements mettent un accent beaucoup plus sur la notion des unités, dans les chapitres du cours de grandeurs au primaire et de physique au secondaire, mais parler de la métrologie comme science des mesures non !

Nous présentons dans cette étude un état de lieu de la métrologie à Bukavu en mettant en évidence les aspects (positifs ou négatifs) se rapportant aux mesurages à Bukavu.

Notre objectif est de mener aux résultats des mesures fiables à travers la maîtrise du processus de mesure. Spécifiquement nous voudrions informer et former notre société par le biais de l'école sur les méthodes qui conduisent aux résultats des mesures fiables et d'autre part formuler des recommandations aux instances scientifiques et politiques en vue de relever la compétence de la population sur le plan métrologique.

## 2 Mesure physique

### 2.1 Rappel

La mesure physique se définit comme l'estimation ou la détermination d'une dimension spécifique habituellement en relation avec un étalon ou une unité de mesure. GIANNCOLI (1993), LAFAYE (1980)

Le résultat de la mesure physique s'exprime en termes de multiple de l'étalon. Le processus de mesure physique implique l'estimation ou la détermination du rapport de la grandeur d'une quantité à celle d'une unité de même type.

Chaque mesure physique est en réalité une estimation et possède donc une certaine incertitude. L'une des caractéristiques principales de la mesure physique est l'incertitude qu'elle possède intrinsèquement. Si elle est manifeste au niveau nanoscopique — grandeurs quantiques — compte tenu du principe d'incertitude énoncé par Werner Heisenberg, elle existe à toute échelle. Quel que soit le soin apporté à une mesure, le résultat est toujours incertain.

*... aucune mesure n'est absolument précise et chacune comporte une part d'incertitude.*(GIANNCOLI; 1993).

Les mots incertitude et erreur que nous rencontrons dans les mesures désignent improprement ce qu'il convient d'appeler **écart** : la différence entre la valeur mesurée et la valeur exacte, généralement inconnue.

En effet ; l'incertitude provient d'une part des erreurs commises lors de la mesure et d'autre part à l'indétermination dans la définition de la grandeur à mesurer. Une mesure est bonne si la précision des appareils de mesure correspond à celle avec laquelle est définie la grandeur à mesurer. Cependant, des erreurs peuvent être **systématiques**, celles qui proviennent toujours d'une même cause, c'est-à-dire, pour une série de mesure du même type, ces erreurs se produisent toujours dans le même sens, ou en plus ou en moins, elles proviennent généralement d'un défaut de construction de l'appareil de mesure (corrigibles). Les erreurs peuvent également être **accidentelles**, celles qui sont dues au hasard et par suite sont inévitables, elles ont essentiellement pour origine erreurs de jugement, les conditions fluctuantes, divers petits dérangements, erreurs de définition, ... ou **aléatoires**, non reproductibles, qui obéissent à des lois statistiques.

Lors d'un mesurage, le résultat est susceptible des perturbation de différentes grandeurs d'influence engendrant l'une ou autre des erreurs citées ci haut. C'est pourquoi, il est important de maîtriser ces erreurs en recherchant leurs causes, afin de les minimiser, voire de les supprimer. La précision d'une mesure c'est alors son degré de rapprochement de la valeur réelle de la grandeur mesurée.

Sur le plan statistique, pour estimer une grandeur inconnue  $X$ , on répète  $n$  fois la mesure ou l'expérience ; on obtient ainsi un échantillon de  $n$  mesures indépendantes  $X_1, X_2, X_3; \dots; X_n$  ; la grandeur exactes ou réelle  $X_e$ , du reste inconnue, est estimée par la moyenne  $\mu$ . L'erreur absolue est estimée par la dérivation ou le résidu (Wauters et Gerard, 2004 et Debuyst, 2004) :

$$dX_i = X_i - X_e \equiv X_i - \mu \quad (1)$$

Pour  $n$  suffisamment grand ( $n > 10$ ), les erreurs seront régies par une loi statistique de Gauss, loi normale, ou de Laplace-Gauss qui permet de déterminer la probabilité qu'une mesure soit située dans un intervalle autour de la moyenne  $\mu$ . (Wauters et Gerard, 2004).

Son expression mathématique est la suivante :

$$n(X) = \frac{n}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

dont le graphe est la fameuse **courbe en cloche**, et qui dépend de deux paramètres  $\mu$  et  $\sigma$  qui ne sont autres que la moyenne et l'écart-type de  $X$ . Figure (1)

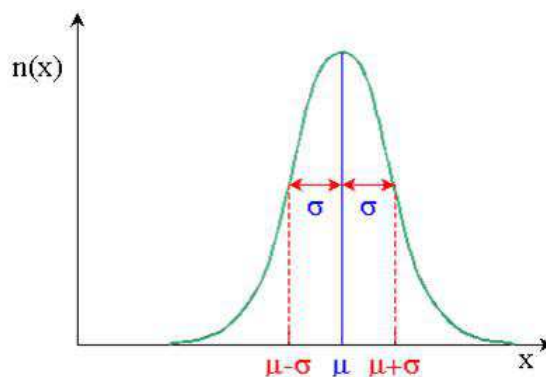


FIGURE 1 – Courbe de Gauss

$n$  : le nombre total d'individus dans l'échantillon

$n(x)$  : le nombre d'individus pour lesquels la grandeur analysée a la valeur  $x$ .

La distribution est symétrique par rapport à  $\mu$  qui caractérise donc la tendance centrale. Quant à  $\sigma$ , il caractérise la dispersion de la distribution. Plus il est grand, plus la distribution est étalée de part et d'autre de  $\mu$ . Les points d'inflexion se trouvent à

$$(\mu - \sigma) \quad \text{et} \quad (\mu + \sigma)$$

avec :

$$Prob\{|X - \mu| < \sigma\} = 68,26\% \quad (3)$$

### 3 Etat de lieu de la Métrologie à Bukavu

#### 3.1 Enseignement de mesures des grandeurs physiques en classe.

L'enseignement de mesures des grandeurs physiques commence dès le début de la formation scolaire en R.D.Congo, notamment dans les écoles de Bukavu.

A l'école primaire il est intitulé « Grandeurs » et occupe 25% du volume horaire global des mathématiques (calcul mental, calcul écrit, formes géométriques, problèmes et grandeurs). L'objectif principal est d'amener les élèves à estimer la dimension spécifique d'une mesure de grandeur étudiée à l'aide de son instrument de mesure déterminé par un système vigueur.

A l'école secondaire, l'étude de mesures des grandeurs physiques est prévue en 3<sup>e</sup> scientifique, pédagogique et agricole ou en 4<sup>e</sup> commerciale et littéraire. Cette étude revient encore pour la dernière fois au secondaire dans les classes de 6<sup>e</sup> scientifique dans la partie qui traite des notions préliminaires de la physique (EDIDEPS,1981).

Quant au volume horaire et aux indications méthodologiques, six leçons de 50 minutes chacune sont prévues en moyenne dans les classes de 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup>, et 12 séances de même

durée en 6<sup>e</sup> scientifique ; cependant les activités prévues semblent exigées un volume horaire beaucoup plus suffisant que prévu, car s'agit- il de mesurer la longueur d'un objet, de peser un même objet par plusieurs élèves sur une balance, de discuter sur les écarts observés, de calculer les erreurs et incertitudes, d'insister sur le coût d'une précision de plus en plus grande, de souligner l'importance d'unités bien choisies et de veiller à bien établir une distinction entre une grandeur, son symbole et son unité.

### 3.2 Mesure de masse et de volume à Bukavu

Rappelons que la mesure se fait à l'aide d'un instrument de mesure qui donne un nombre. Le nombre est, en fait, le rapport de dimensions de l'objet avec celles d'un objet de référence (unité). A travers les visites effectuées sur différents sites de mesure dans la ville de Bukavu, nous nous sommes rendu compte de la manière dont les opérations de mesurage sont exécutées sur place et des instruments de mesure utilisés. Le instruments rencontrés sur place sont généralement des vases fabriqués localement ou bien ramassés à la poubelle. Bref des inventions locales.

**Nyamaha(2 a.)** : un bol de capacité 1litres utilisé pour la mesure de farines, de haricots et de sorgots principalement. *Au Bushi Nyamaha veut dire mesure : Une quantité minimale qu'on puisse servir pour offrir un repas à une famille moyenne.*

**Guigoz(2 b.)** : une boîte cylindrique de diamètre et hauteur variables selon les étales des vendeurs, celui-ci est un étalon de mesure de masse pour le riz, le sucre, le soja, le sel de cuisine,...

**Bumba(2 c.)** : un vase d'à peu près 20 litres de capacité, celui-ci sert à la mesure de pomme de terre, braises, haricots,...

**Verre** : Le verre ordinaire de boisson, celui-ci mesure la quantité de riz, de sucre, de sel de cuisine, de soja,...

**Koroboy** : La boîte de tomate concentrée d'à peu près 8 cl de capacité.

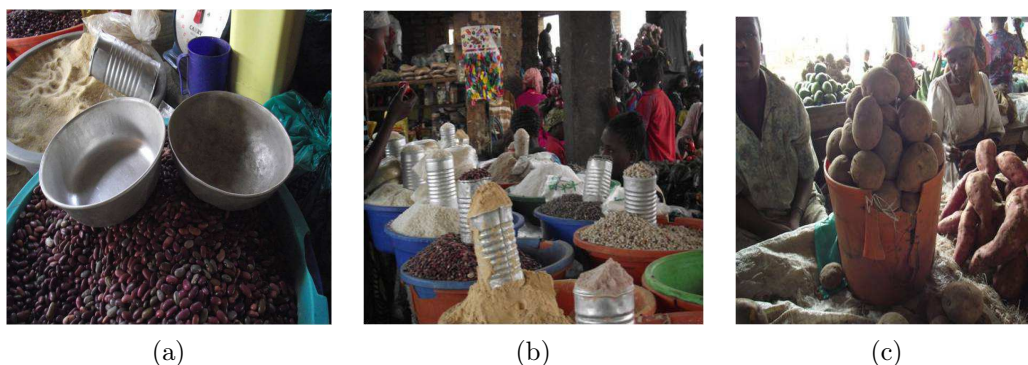


FIGURE 2 – (a) Nyamaha,(b)Guigoz, (c)Bumba

L'usage du peson est considéré comme un luxe dans les marchés de Bukavu, car, affirment les pratiquants, « les différents rapports entre les quantités obtenues par le peson et celles que l'on peut vouloir obtenir par nos étalons empiriques (fig 2) sont déjà établis ». La balance est complètement absente des opérations de mesure de masse à Bukavu.

Cependant, tous ces instruments cités ci-haut (fig 2) sont des vases qui seraient plutôt utilisés pour la mesure de capacité, par exemple ! Un aspect de la confusion qui existe entre masse et volume.

Quoique ces étalons manquent de cohérence entre eux et ne suivent aucun ordre de numération, les pratiquants ont su les adapter aux besoins de la communauté (vendeurs et acheteurs de Bukavu).

Ajoutons aussi que, même si les vendeurs de Bukavu détenaient les instruments appropriés pour leurs opérations, Pierre-Barbier (2011) affirme qu'il « *paraît difficile de faire de bonnes mesures sans avoir une bonne connaissance de la notice d'utilisation associée au matériel* » .

Dans les transactions commerciales, le concept « **résultat fiable** » possède un caractère particulièrement **subjectif**. Il s'agit du risque de perdre que peut consentir l'une des parties prenantes sur une marchandise mesurée par un instrument ayant une marge d'erreur connue. Cette marge d'erreur peut être négligée ou tout simplement non par l'une des parties suivant l'intérêt porté à la matière mesurée. Un résultat sur lequel pèse un doute acceptable est relativement fiable. Le résultat de mesure fiable correspond au besoin en matière de maîtrise des risques liés aux erreurs de mesures et à leur conséquence négative. Un résultat de mesure fiable s'obtient par la maîtrise des processus des facteurs ayant influence sur la qualité des résultats délivrés. Pour cela il faut avoir connaissance sur la matière à mesurer, sur les moyens matériels utilisés, sur le milieu de mesure, sur la méthode appliquée et sur le moyen humain (Mesure vue comme une science).

## 4 Méthodologie

Notre recherche est du type exploratoire ; Pour en obtenir les informations utiles, nous avons procédé par une enquête sur la façon dont les mesures sont exécutées par les vendeurs dans les marchés. Nous avons tout d'abord procédé par l'inter comparaison de masses : confronter les rapports des mesures de masse effectuées à l'aide des instruments de mesure fabriqués localement par la population à celles obtenues à partir d'un peson ; ceci donne accès à une valeur d'incertitude sur les mesures effectuées, cette valeur est ensuite extrapolée à l'ensemble des mesures effectuées sur l'étendue de la ville de Bukavu.

Les discussions portent, en fin, sur la profondeur d'incertitude constatée. Une telle approche permet de situer les performances des « vendeurs » dans leurs actes de mesure (MANLAY J-F,2010). N'est ce pas notre souci ?

Le choix porté aux vendeurs des produits vivriers a été motivé par le fait qu'ils constituent une des couches sociales où les actes de mesure sont plus fréquents, le grand de leur travail consistant principalement à effectuer des mesures. En plus, la fréquence des mesures est beaucoup plus intense chez les vendeurs détaillant les produits de premières nécessités, tel que le sucre, le riz, le haricot, . . .

Par rapport aux produits, nous avons orienté le choix sur ceux qui semblent être les plus sollicités dans les marchés ; le riz, le sucre, les haricots et les cacahuètes. Nous n'excluons pas, cependant, le choix qui porterait sur d'autres produits qui, par ailleurs, donneraient des explications favorables à notre étude.

Nous avons retenu trois sites de prélèvement des données tenant compte de leurs fréquentations par les populations des Bukavu : **le marché de Nyawera, le Grand marché de Kadutu et le marché Beach-Muhanzi.**

Nous avons constitué un échantillon de 216 mesures de masse estimées en **grammes** pour les quatre produits dans les différents sites. Les données brutes récoltées ont subi les traitements suivants :

**Test de comparaison de moyenne à un standard :** il s'agit de tester l'hypothèse que les moyennes des masses obtenues à l'issue de nos mesures sont égales à 1000g dans les conditions que la variance de la population est inconnue, la population infinie et

dans l'intervalle d'acceptation avec le niveau de confiance égal à 95% ; pour ce qui concerne le riz, le sucre et les cacahuètes car étant estimés en unité internationale de masse par les vendeurs (le kilogramme) ;

**Analyse de la variance 2 :** En vue de comparer la variabilité de mesures selon les produits et selon les sites ; l'interaction site-produit (technique bien détaillée par DE LANDSHEER, 1970).

## 5 Analyse des données et interprétation des résultats

Le tableau 1 reprend les mesures de masses des produits dans différents sites.

Produits	Nyawera			Kadutu			Beach-Muhanzi		
riz	$X_i(g)$	$n_i$	$n_i X_i(g)$	$X_i(g)$	$n_i$	$n_i X_i(g)$	$X_i(g)$	$n_i$	$n_i X_i(g)$
	800	2	1600	800	2	1600	900	9	8100
	850	3	2550	825	1	825	925	1	925
	900	7	6300	850	5	4250	950	6	5700
	925	1	925	875	4	3500			
	950	3	2850	900	4	3600			
$\sum$		16	14225		16	13875		16	14725
Sucre	750	1	750	825	4	3300	850	10	8500
	775	1	775	850	4	3400	875	6	5250
	800	2	1600	875	6	5250	900	2	1800
	850	5	4250	900	1	900			
	900	10	9000	950	3	4750			
	925	3	2775						
$\sum$		22	19150		18	15700		18	15550
cacahuètes	800	2	1600	1000	3	3000	900	2	1800
	825	5	4125	1050	4	4200	950	6	1900
	850	7	5950	1100	7	7700	975	1	975
	875	2	1750	1150	2	2300	1000	4	4000
	950	1	950	1200	1	1200	1050	1	1050
							1100	3	3300
$\sum$		22	18825		17	18400		17	16825
haricot	1300	2	2600	1550	4	6200	1500	6	9000
	1350	6	8100	1575	2	1575	1550	3	4650
	1375	2	2750	1600	5	8000	1600	6	9600
	1400	6	8400	1625	2	3250	1650	3	4950
	1450	1	1450	1650	6	9900			
-	1500	1	1500	-	-	-	-	-	-
$\sum$	-	18	24800	-	18	28920	-	18	28200

TABLE 1 – Les mesures des masses des produits à Nyawera, Kadutu et Beach- Muhanzi

### Comparaison des résultats à un standard :Premier test

D'après LAMBOLEY(1986) :

*La comparaison d'un paramètre quelconque  $\lambda$ , estimé à partir d'un échantillon,*



à un paramètre  $\lambda_0$  pourra se faire suivant trois hypothèses suivantes :

$$\lambda = \lambda_0 \quad \lambda < \lambda_0 \quad \lambda > \lambda_0$$

Ces trois hypothèses pouvant être résumées dans la première.

L'intervalle d'acceptation avec le niveau de confiance égal à 95%, pour  $t$  se rapportant au degré de liberté, pour la comparaison à un standard, est :

$$I = \mu_0 \pm t \frac{s'}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

où  $\mu_0$  représente la mesure standard, avec

$$s' = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (5)$$

L'équation 5 est l'estimation de l'écart-type de l'échantillon et  $t$  la valeur de la variable de Student-Fisher.

Si la moyenne  $\mu$  est comprise dans l'intervalle  $I$  l'hypothèse est acceptée. Dans le cas contraire, on rejettera l'hypothèse.

Ces calculs appliqués aux données du tableau 1 nous conduisent aux conclusions consignées dans le tableau (2) ; considérant le standard de 1000g qui représentent effectivement 1 kg.

Site	Produit	Moyenne $\mu$	E.type $\sigma$	Intervalle	Obs.	Décision
Nyawera	riz	880.06	47.4	1000±25.24	$\mu < I$	$\mu_o$ rejetée
	sucre	870.45	50.37	1000±22.33	$\mu < I$	$\mu_o$ rejetée
	cacahuètes	855.68	38.52	1000±17.08	$\mu < I$	$\mu_o$ rejetée
Kadutu	riz	860.93	32.87	1000±17.50	$\mu < I$	$\mu_o$ rejetée
	sucre	872.22	41.91	1000±20.84	$\mu < I$	$\mu_o$ rejetée
	cacahuètes	1082.32	55.73	1000±28.65	$\mu \gg I$	$\mu_o$ rejetée
Beach-M.	riz	920.31	24.52	1000±13.05	$\mu < I$	$\mu_o$ rejetée
	sucre	920.31	17.62	1000±08.76	$\mu < I$	$\mu_o$ rejetée
	cacahuète	989.70	64.38	1000±33.10	$\mu \in I$	$\mu_o$ acceptée

TABLE 2 – Comparaison au standard de 1000g

Sur les moyennes tirées de neuf échantillons, seule la mesure de cacahuètes au Beach-Muhanzi semblent représenter une quantité statistiquement égale à 1000g au seuil de signification de 5%. Ailleurs, l'hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée. La même hypothèse est rejetée au cas de résultat des cacahuètes à Kadutu, cependant, la moyenne à ce site est supérieure au standard. Figure (3) est le diagramme de comparaison au standard construit sur base des résultats du tableau 1.

### Comparaison des moyennes issues des trois sites, (cas des haricots)

Il s'agit de tester l'hypothèse que les trois sites ne diffèrent significativement pas par la mesure de haricots. L'analyse de la variance appliquée à ce cas conduit au tableau 3

Tableau 3 analyse de la variance pour la mesure de haricot. où

**ddl** : degré de liberté ;

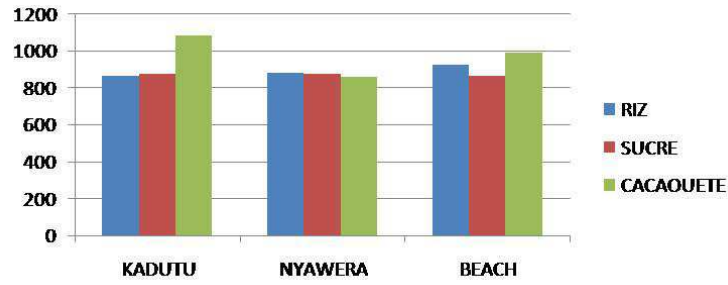


FIGURE 3 – comparaisons aux différents sites

Source	ddl	SC	CM	Test-F
Entre-groupe	3-1=2	538912	269456	113.96
Intergroupes	54-3=51	120868.1	2369.96	
Total	53			

TABLE 3 – analyse de la variance pour la mesure de haricots.

CM : Carré Moyen ;

SC : Somme des carrés

$$F_t(2; 51); F_t(2; 50) = 3.18; (5,06)$$

On a que  $F_c > F_t$ .

La valeur calculée  $F_c = 113.96$  étant largement supérieure à la valeur tabulaire  $F_t(2,51)=3.18$ ; la différence est significative au seuil  $\alpha = 0,05$ , l'hypothèse nulle est rejetée. Cela suppose que la mesure de haricots est différente sur ces trois sites.

Figure 4 les moyennes des mesures de haricot (en grammes)

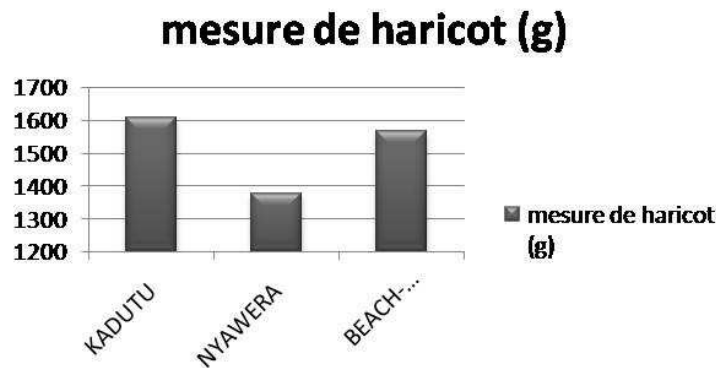


FIGURE 4 – mesure de haricot sur les trois sites

### Comparaison des résultats par rapport à l'interaction "site-produit"

L'interaction site-produit influence-t-elle la pratique de mesure? Le tableau(4) donne le résultat de l'analyse de la variance appliquée à ce cas. Tableau 4 analyse de la variance pour interaction site-produit

Source	D d l	SC	CM	F	Seuil
Entre-gpes ppaux	2	153229.5	76614.75	0.7	5.14
Entre-gpes 2dres	6	660954.5	110159.1	56.79	2.16
Ds les gpes 2dres	153	296761.7	1939.61		
Total	161				

TABLE 4 – analyse de la variance pour interaction site-produit

### Interprétation des rapports F :

**F entre groupes secondaires :**  $F_s = 56,79 > F_t(6, 153) = 2,16 > 1$ ; l'Analyse de la variance est donc adéquate et la différence est très significative entre groupes secondaires.

**F entre groupes principaux :**  $F_p = 0,7 < 1$  et  $F_p < F(2; 6) = 5,14$ ; la différence est non significative entre groupes principaux (D'HAINAUT,1975).

Au seuil de signification de 5%, le test F de Snedecor montre que la différence est très significative entre les mesures selon les produits quel que soit le site; mais que l'interaction « site-produit » n'influence significativement pas les mesures (figure 4 et 7).

## 6 Discussion et conclusion

Les résultats des mesures effectuées sur les sites ne sont pas fiables au seuil de signification  $\alpha = 0,05$ . Est-ce par ignorance ou la malice de commerçants ?

De toutes façons, le fait est là! Et les responsabilités doivent être partagées entre les structures scolaires et le pouvoir public en vue de recadrer les structures métrologiques à Bukavu.

L'analyse de la variance dégage le fait que les résultats de mesure à Bukavu diffèrent selon les produits quel que soit le site. Cette conclusion place encore une fois un doute sur les résultats de mesures effectuées à Bukavu; on ne paye pas la même quantité de produit en variant les étalages, les étalons sont largement différents et pourtant portent-ils même nom! Le type d'erreur rencontré est principalement systématique, se produisant toujours dans le même sens, à l'avantage du vendeur. Faire confiance à un vendeur de Bukavu dans les actes de mesures n'est qu'une illusion, le risque qu'un client perde est fréquent et considérable que celui du vendeur. Rien n'est partagé entre les deux en terme de perte!

Il y a de quoi projeter que le non usage des instruments légalement établis est une simulation faite par les vendeurs; en effet, s'il n'en était pas le cas, on ne parlerait pas du kilogramme ni du litre là où on ne les a pas utilisés. Cet article a été consacré exclusivement à la pratique de mesure de masse et de volume par les vendeurs de Bukavu. L'enseignement de mesure des grandeurs physiques commence depuis la première année du primaire et demeurent plus théoriques, sauf au niveau universitaire où la notion de laboratoire est une impérative (cas de l'ISP de Bukavu). Cependant, les répercussions de cet état de chose dans l'environnement social sont négatives.

Les résultats des enquêtes faites chez les pratiquants des mesures au quotidien à Bukavu sont déplorables car ils reflètent que les résultats obtenus à l'issue d'une mesure ne sont pas fiables au seuil de signification de 0,05. Ce constat ne dépend ni des produits mesuré ni du site sur lequel la mesure a été effectuée sur l'étendue de la ville de Bukavu.

Cet état de chose exige l'attribution des responsabilités en vue d'éveiller les consciences des autorités politico-administratives; l'Etat Congolais, à travers ses services (OCC), doit

instaurer le système de vérification périodique sur terrain en vue d'examiner les caractéristiques réglementaires des instruments de mesures, l'opérateur vérificateur doit s'assurer de leurs parfaites adéquations aux conditions d'utilisation et d'environnement. Le manque d'instruments appropriés conduit les usagés à utiliser des équivalences qui frisent la tricherie. Cependant, l'Office Congolais de Contrôle (OCC), dont la métrologie légale est une attribution au pays, doit s'impliquer en exigeant l'usage des instruments efficaces et contrôlés pour des mesures des grandeurs physiques en vue de restaurer la confiance dans le cadre du contrat social. Au besoin établir une vignette de vérification périodique et la coller à l'instrument pour lequel le constat de vérification est établi, comme il en est le cas en France par l'Artémis. Le pouvoir éducatif scolaire, de sa part, ne s'arrêterait pas à la simple élaboration du programme d'enseignement mais pousserait vers le contrôle de l'exécution de ces enseignements. La métrologie comme sujet d'étude dans le programme d'enseignement possède des avantages pour un développement économique tant dans la gestion du secteur public que privé.

Terminons en disant qu'il est important d'uniformiser les systèmes des mesures dans la ville de Bukavu, et tenant compte de l'état économique que traverse le pays, il est souhaitable d'appartenir et rester fidèle, dans un premier temps, au système international d'unités, **SI**, qui a pleinement fait ses preuves à travers le monde. Une autre possibilité serait de procéder par une uniformisation des unités locales par rapport au système SI en établissant systématiquement des équivalences entre ces unités et celles correspondantes dans le SI par des rapports d'intégration. Les échanges techniques et commerciaux seront facilités, la confiance entre vendeur et acheteur sera restaurée que de rester dans des conventions bornées à des périmètres aussi exigus lorsque l'on a choisi de faire cavalier seul.

*Dans le domaine des échanges scientifiques et commerciaux, pour les biens, les services et les connaissances, des règles adoptées universellement s'imposent (COURTIER, 2003).*

Le Système international d'unités, dont les fondements datent de plus de deux cents ans, est l'un des outils incontournables de cette évolution.

## Références

- [1] ATHANE B, BARBIER P, ERARD L. (2005). *Trois aspects de la métrologie : scientifique, industrielle, légale* ;
- [2] BARBIER P. (2009). *Le vocabulaire en métrologie* ;
- [3] COURTIER, J-C (2003) ; *Métrologie, documentation, industrie* ; édité par afnor ;
- [4] DEBUYST R. et MEULDERS JP. (2004) ; *Physique expérimentale* ; Notes de cours à l'Université Catholique de Louvain. Louvain-en-Woluwe.
- [5] D'HAINAUT L. (1975). *Concepts et méthodes de la statistique T1*. Bruxelles, Labor.
- [6] DE LANDSHEERE G. (1970). *Introduction à la recherche en éducation*. Liège, Georges Thone.
- [7] GIACOMO P. (2004). *Qu'est-ce que la métrologie ?*
- [8] GIANCOLI, D (1989). *Physique générale1 : mécanique et thermodynamique*, de Boeck Bruxelles ;
- [9] JOHNWALLARD A. (2010). *Le BIPM à l'aube du XXIème siècle* ;
- [10] KABUNGULU, M. (2011). *La métrologie à Bukavu : cas de la masse et du volume* ; Mémoire de licence ISP-BUKAVU, non publié.
- [11] KOVALESKY J. (2004). *La convention du mètre*.
- [12] LAFAYE P. (1980). *Unités de mesure. Technique de l'ingénieur*, édité par l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

- [13] LAMBOLEY A. (1986). *Statistiques. Technique de l'ingénieur*.TA1 pages A166-1
- [14] LUMONGE D. (2011). *Le Concept énergie en physique : Etude des relations, compétences et savoirs disciplinaires chez les élèves Congolais et Belges de 14 à 18 ans*. Saarbrücken(Germany), Editions Universitaires Européennes.
- [15] MANLAY J-F (2010), *Métrieologie, industrie, qualité* ; afnor édité ;
- [16] WAUTERS, P et GERARD, D. (2004) ; *Physique expérimentale*. Notes de cours à l'Université Catholique de Louvain. Louvain-en-Woluwe.
- [17] <http://www.artemis.fr>
- [18] <http://www.metrologyinfo.org>
- [19] <http://www.bivi.metrologie.afnor.org>
- [20] <http://www.arg2m.fr/base-documentation>
- [21] <http://www.astro.ulg.ac.be/cours/magain/stat/stat51.html>